

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

AA

(11)Publication number : 2001-057454

(43)Date of publication of application : 27.02.2001

(51)Int.Cl.

H01S 3/0915

H01S 3/06

(21)Application number : 2000-207184

(71)Applicant : SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD

(22)Date of filing : 07.07.2000

(72)Inventor : YOON SOO-YOUNG
HWANG SEONG-TEAK
JUNG RAE-SUNG
KIM JEONG-MEE
KIM SUNG-JUN

(30)Priority

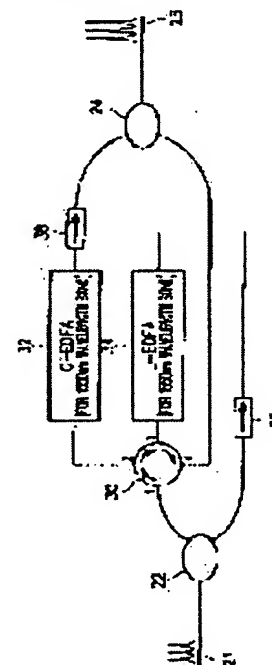
Priority number : 99 9927276 Priority date : 07.07.1999 Priority country : KR

(54) WIDE-BAND OPTICAL FIBER AMPLIFIER AND AMPLIFYING METHOD THEREFOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a wide-band optical fiber amplifier, together with its amplifying method, for amplifying optical signal of wavelength band 1530-1610 nm.

SOLUTION: This is related to the amplifying method for a wide-band optical fiber amplifier which amplifies the optical signal of wavelength band 1550 nm and that of 1580 nm. Here, a process 22 where an input optical signal 21 is separated into a 1550 nm wavelength band and 1580 nm wavelength band, processes 32 and 34 where the optical signals of separated wavelength bands are amplified, and a process where a reverse-direction noise light which occurs at amplifying the optical signal of 1550 nm wavelength band is presented at amplifying 1580 nm wavelength band as an auxiliary pump light, are provided.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 07.07.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 07.06.2005

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-57454

(P2001-57454A)

(43)公開日 平成13年2月27日(2001.2.27)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームト(参考)
H 0 1 S 3/0915		H 0 1 S 3/091	J
3/06		3/06	B

審査請求 有 請求項の数11 O L (全 10 頁)

(21)出願番号 特願2000-207184(P2000-207184)

(22)出願日 平成12年7月7日(2000.7.7)

(31)優先権主張番号 1 9 9 9 2 7 2 7 6

(32)優先日 平成11年7月7日(1999.7.7)

(33)優先権主張国 韓国 (K R)

(71)出願人 390019839

三星電子株式会社

大韓民国京畿道水原市八達区梅灘洞416

(72)発明者 尹 秀永

大韓民国京畿道龍仁市器興邑新葛理14番地

(72)発明者 黄 星澤

大韓民国京畿道平澤市松炭地域獨谷洞491番地

(74)代理人 100064908

弁理士 志賀 正武 (外1名)

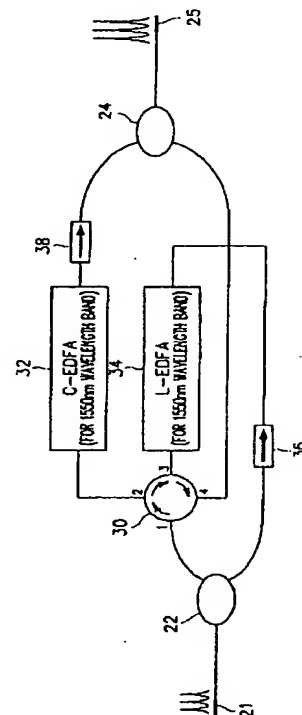
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 広帯域光ファイバー増幅器及びその増幅方法

(57)【要約】 (修正有)

【課題】 1530~1610nm波長帯域の光信号を増幅するための広帯域光ファイバー増幅器及びその増幅方法を提供する。

【解決手段】 1550nm波長帯域と1580nm波長帯域の光信号を増幅する広帯域光ファイバー増幅器の増幅方法において、入力光信号21を1550nm波長帯域と1580nm波長帯域とに分離する過程22と、前記分離した1550nm波長帯域の光信号と1580nm波長帯域の光信号をそれぞれ増幅する過程32、34と、前記1550nm波長帯域光信号の増幅時に発生する逆方向雑音光を補助ポンプ光として前記1580nm波長帯域の増幅時に提供する過程とを有することを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 1550nm波長帯域と1580nm波長帯域の光信号を増幅する広帯域光ファイバー増幅器の増幅方法において、

入力光信号を1550nm波長帯域と1580nm波長帯域とに分離する過程と、

前記分離した1550nm波長帯域の光信号と1580nm波長帯域の光信号をそれぞれ増幅する過程と、

前記1550nm波長帯域光信号の増幅時に発生する逆方向雑音光を補助ポンプ光として前記1580nm波長帯域の増幅時に提供する過程とを有することを特徴とする増幅方法。

【請求項2】 前記1550nm波長帯域光信号の増幅時に発生する逆方向雑音光を補助ポンプ光として前記1580nm波長帯域の増幅時に提供する過程は、予め設定された波長帯域の光のみを前記1580nm波長帯域の増幅時に提供するように前記逆方向雑音光をフィルタリングする段階を含むことを特徴とする請求項1記載の増幅方法。

【請求項3】 1550nm波長帯域用光ファイバー増幅器と1580nm波長帯域用光ファイバー増幅器を備えた広帯域光ファイバー増幅器において、

入力端に入力された光信号を1550nm波長帯域と1580nm波長帯域とに分離する入力端波長分割多重光カップラーと、

前記1550nm波長帯域用光ファイバー増幅器で光増幅時に発生する逆方向雑音光が前記1580nm波長帯域用光ファイバー増幅器に提供されるように光経路を形成する雑音光経路形成部と、

前記1550nm波長帯域用光ファイバー増幅器と前記1580nm波長帯域用光ファイバー増幅器でそれぞれ増幅された光信号を提供されて結合し、出力端に出力する出力端波長分割多重光カップラーとを含むことを特徴とする広帯域光ファイバー増幅器。

【請求項4】 前記雑音光経路形成部は、前記入力端波長分割多重光カップラーから分離された1550nm波長帯域の光信号を前記1550nm波長帯域用光ファイバー増幅器に提供し、前記1550nm波長帯域用光ファイバー増幅器で発生する逆方向雑音光を前記1580nm波長帯域用光ファイバー増幅器に逆方向に提供し、前記1580nm波長帯域用光ファイバー増幅器から出力される光信号を前記出力端波長分割多重光カップラーに提供する光サーキュレータから構成することを特徴とする請求項3記載の広帯域光ファイバー増幅器。

【請求項5】 前記雑音光経路形成部は、予め設定された波長帯域の光のみを前記1580nm波長帯域用光ファイバー増幅器に提供するように前記1550nm波長帯域用光ファイバー増幅器で発生する逆方向雑音光をフィルタリングする光フィルターを含むことを特徴とする請求項3記載の広帯域光ファイバー増幅器。

【請求項6】 前記光フィルターは反射型光ファイバー格子フィルターであることを特徴とする請求項5記載の広帯域光ファイバー増幅器。

【請求項7】 1550nm波長帯域用光ファイバー増幅器と1580nm波長帯域用光ファイバー増幅器とを備えた広帯域光ファイバー増幅器において、

入力端に入力された光信号を1550nm波長帯域と1580nm波長帯域とに分離する入力端波長分割多重光カップラーと、

10 前記入力端波長分割多重光カップラーから分離された1550nm波長帯域の光信号を1番端子に入力され、2番端子に出力して、前記1550nm波長帯域用光ファイバー増幅器に提供し、前記1550nm波長帯域用光ファイバー増幅器で発生する逆方向雑音光を前記2番端子に入力され、3番端子に出力する第1光サーキュレータと、

前記第1光サーキュレータの3番端子に出力される逆方向雑音光をフィルタリングして予め設定された波長帯域の光のみを出力する光フィルターと、

20 前記光フィルターから出力される光を1番端子に入力され、2番端子に出力して、前記1580nm波長帯域用光ファイバー増幅器に逆方向に提供し、前記1580nm波長帯域用光ファイバー増幅器から出力される増幅された光信号を前記2番端子に入力され、3番端子に出力する第2光サーキュレータと、

前記1550nm波長帯域用光ファイバー増幅器と前記第2光サーキュレータの3番端子に出力される前記1580nm波長帯域用光ファイバー増幅器でそれぞれ増幅された光信号を提供されて結合し、出力端に出力する出力端波長分割多重光カップラーとを含むことを特徴とする広帯域光ファイバー増幅器。

【請求項8】 1550nm波長帯域用光ファイバー増幅器と1580nm波長帯域用光ファイバー増幅器とを備えた広帯域光ファイバー増幅器において、

入力端に入力された光信号を1550nm波長帯域と1580nm波長帯域とに分離する入力端波長分割多重光カップラーと、

入力された光信号をフィルタリングして予め設定された波長帯域の光のみを出力する反射型光ファイバー格子フィルターと、

40 前記入力端波長分割多重光カップラーから分離された1550nm波長帯域の光信号を1番端子に入力され、2番端子に出力して、前記1550nm波長帯域用光ファイバー増幅器に提供し、前記1550nm波長帯域用光ファイバー増幅器で発生する逆方向雑音光を前記2番端子に入力され、3番端子に出力して、前記反射型光ファイバー格子フィルターに提供し、前記反射型光ファイバー格子フィルターで反射されるフィルタリングされた光を前記3番端子に入力され、4番端子に出力する光サーキュレータと、

前記光サーキュレータの4番端子に出力される光と前記入力端波長分割多重光カップラーから分離された1580nm波長帯域の光信号とを結合して、前記1580nm波長帯域用光ファイバー増幅器に提供する補助波長分割多重光カップラーと、

前記1550nm波長帯域用光ファイバー増幅器と前記1580nm波長帯域用光ファイバー増幅器でそれぞれ増幅された光信号を提供されて結合し、出力端に出力する出力端波長分割多重光カップラーとを含むことを特徴とする広帯域光ファイバー増幅器。

【請求項9】 二段増幅構造の広帯域光ダイバー増幅器において、

入力端に入力された光信号を1550nm波長帯域と1580nm波長帯域とに分離する入力端波長分割多重光カップラーと、

前記入力端波長分割多重光カップラーにより分離された1550nm波長帯域の光信号を1次増幅する一段1550nm波長帯域用光ファイバー増幅器と、

前記一段1550nm波長帯域用光ファイバー増幅器で出力された光信号を提供されて2次増幅する二段1550nm波長帯域用光ファイバー増幅器と、

前記入力端波長分割多重光カップラーにより分離された1580nm波長帯域の光信号を1次増幅する一段1580nm波長帯域用光ファイバー増幅器と、

前記一段1580nm波長帯域用光ファイバー増幅器で出力される光信号を2次増幅する二段1580nm波長帯域用光ファイバー増幅器と、

前記二段1550nm波長帯域用光ファイバー増幅器で光増幅時に発生する逆方向雑音光が前記1580nm波長帯域用光ファイバー増幅器に提供されるように光経路を形成する雑音光経路形成部と、

前記二段1550nm波長帯域用光ファイバー増幅器と前記二段1580nm波長帯域用光ファイバー増幅器でそれぞれ増幅された光信号を提供されて結合し、出力端に出力する出力端波長分割多重光カップラーとを含むことを特徴とする広帯域光ファイバー増幅器。

【請求項10】 前記雑音光経路形成部は、前記一段1550nm波長帯域用光ファイバー増幅器で出力される光信号を前記二段1550nm波長帯域用光ファイバー増幅器に提供し、前記1550nm波長帯域用光ファイバー増幅器で発生する逆方向雑音光を前記二段1580nm波長帯域用光ファイバー増幅器に逆方向に提供し、前記二段1580nm波長帯域用光ファイバー増幅器で出力される光信号を前記出力端波長分割多重光カップラーに提供する光サーキュレータから構成することを特徴とする請求項9記載の広帯域光ファイバー増幅器。

【請求項11】 前記雑音光経路形成部は、予め設定された波長帯域の光のみを前記二段1580nm波長帯域用光ファイバー増幅器に提供するように前記二段1550nm波長帯域用光ファイバー増幅器で発生する逆方向

雑音光をフィルタリングする光フィルターを含むことを特徴とする請求項9記載の広帯域光ファイバー増幅器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光ファイバー増幅器に係り、特に1530～1610nm波長帯域の光信号を増幅するための光ファイバー増幅器(Optical Fiber Amplifier)とその増幅方法に関する。

【0002】

10 【従来の技術】光伝送システムに用いられる光ファイバー増幅器は伝送される光信号を増幅する装置であって、光信号を光電変換せずに光信号自体を増幅するので、光電変換に必要な光部品を用いない等、その構成が簡単で経済的である。このような光ファイバー増幅器は活性光ファイバーと、ポンプ光を発生するポンプレーザ、伝送される光信号とポンプ光を結合する活性光ファイバーに提供する光カップラー及び光アイソレータから構成される。

20 【0003】光ファイバーによる光増幅は、シリカ光ファイバーに希土類元素のエルビウム(Er³⁺ [68])、プラセオジウム(Pr³⁺ [59])又はイッテルビウム(Yb³⁺ [70])等を添加した活性光ファイバーの誘導放出過程を通して行われる。ポンプレーザから提供されるポンプ光は前記活性光繊維に添加されたイオン状の希土類元素を励起させ、活性光ファイバーに入射された光信号は励起されたイオンの誘導放出過程を通して増幅される。現在、光伝送システムで広く採用されている波長分割多重(Wavelength Division Multiplexing: 以下、WDMという)伝送方式では、信号帯域として1550nm波長帯域(約1530nm～1560nm)が主に用いられ、その特性上1550nm帯域の光信号を増幅するに適宜なエルビウム添加光ファイバー増幅器(Erbium Doped Fiber Amplifier: 以下、EDFAという)が主に用いられる。

30 【0004】図1はエルビウム添加光ファイバー増幅器(EDFA)において、エルビウム(Er³⁺)イオンの密度反転率に応じる入力光信号の波長別利得特性を示したものである。図1は、エルビウム添加光ファイバー(Erbium Doped Fiber: 以下、EDFという)内でエルビウムイオンの密度反転率がそれぞれ0%、10%、20%、…、100%の時にそれに対応する利得特性を示したものである。

50 【0005】密度反転率が0%の状態は、すべてのエルビウムイオンが基底状態(ground state)にあることを意味し、この場合の利得特性は図1に示したように1530nm波長帯域を中心として光吸収による損失状態を示す。密度反転率が増加するほど利得は増加し、密度反転率が100%の場合、即ち、すべてのエルビウムイオンが励起状態(excited state)にある時には、1530nm波長帯域を中心として高い利得を得る。従って、エル

ビウムイオンの密度反転率を約70~100%の適宜な水準に保持して1550nm波長帯域(1530~1560nm)の光信号を増幅する。

【0006】一方、図1を参照すると、1550nmの波長帯域内で各密度反転率に応じる波長別利得特性が一定でないことが分かる。即ち、1530nm波長の利得が一番高く、1560nm波長の利得が低いことが分かる。このような波長別利得の不均一を無くし、利得を平坦化するために、1530nm帯域の光信号を適宜に減衰する光フィルターを備える等、多様な利得平坦化方式

が採用されている。

【0007】前述したような特性のEDFを用いたEDFAは、現在WDM伝送方式で1550nm波長帯域の光信号を増幅するために多用されている。

【0008】一方、最近WDM光伝送システムではより広い伝送帯域を確保するために、1550nm波長帯域のみならず1580nmの波長帯域(1575~1605nm)を信号帯域として用いるための研究が進行中にある。この際、前記1550nm波長帯域をCバンド(C-band)といい、前記1580nmの波長帯域をL

バンド(L-band)という。

【0009】再び図1を参照すると、EDF内のエルビウムイオンの密度反転率が約30~40%を保持する場合、1580nm波長帯域で入力対比少しの増幅率を有する約30nmくらいの利得平坦化帯域幅を得られる。図示したように、EDFで1580nm波長帯域の単位長さ当り増幅率は1550nm波長帯域に比べて非常に少なく、よって1580nm波長帯域の光信号を増幅するためのEDF長さは1550nm波長帯域の光信号を増幅する場合より約10~20倍以上要求される。

【0010】前記特性を用いて1550nm波長帯域の光信号を増幅するために適宜に設計されたEDFA(以下、C-EDFAという)と、1580nm波長帯域の光信号を増幅するために設計されたEDFA(以下、L-EDFAという)を並列で構成して1550nm波長帯域と1580nm波長帯域の光信号をすべて増幅するための広帯域用エルビウム添加光ファイバー増幅器(以下、広帯域光繊維増幅器という)が開発された。

【0011】図2は、従来の並列増幅構造の広帯域光ファイバー増幅器の概略的なブロック構成図である。図2を参照すると、広帯域光ファイバー増幅器において、光増幅部10は1550nm波長帯域の光信号を増幅するためのC-EDFA(Conventional band EDFA)12と、1580nm波長帯域の光信号を増幅するためのL-EDFA(Long band EDFA)14の並列構造からなる。入力端15に入力された光信号は入力端1550/1580nm WDM光カップラー16により1550nm帯と1580nm帯との信号に分離される。前記分離された信号はそれぞれC-EDFA12とL-EDF

A14に入力され増幅された後、出力端1550/1580nm WDM光カップラー18で結合されて出力端19に出力される。

【0012】前記のような広帯域光増幅器は増幅性能が優先的に保障されるべきであり、このために高出力のポンピングレーザを備える等、特にその特性上、高い増幅効率を持ち難いL-EDFA14の増幅性能を改善するための研究が色々と進行されている。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】従って、本発明の目的は、1580nm波長帯域で高い増幅効率を有し得る広帯域光ファイバー増幅器及びその増幅方法を提供することにある。

【0014】本発明の他の目的は、簡単な構造を有しながら1580nm波長帯域の利得を高められる広帯域光繊維増幅器及びその増幅方法を提供することにある。

【0015】本発明のさらに他の目的は、1550nm波長帯域の光増幅時に発生する逆方向雑音光を用いて1580nm波長帯域の光信号を増幅できる広帯域光ファイバー増幅器及びその増幅方法を提供することにある。

【0016】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成するために、本発明は、1550nm波長帯域と1580nm波長帯域の光信号を増幅する広帯域光ファイバー増幅器の増幅方法において、入力光信号を1550nm波長帯域と1580nm波長帯域とに分離する過程と、前記分離した1550nm波長帯域の光信号と1580nm波長帯域の光信号をそれぞれ増幅する過程と、1550nm波長帯域光信号の増幅時に発生する逆方向雑音光を1580nm波長帯域の増幅部に提供して補助ポンプ光として用いる過程とを有することを特徴とする。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、本発明に従う好適な実施例を添付図面を参照しつつ詳細に説明する。なお、図面中、同一な構成要素及び部分には、可能な限り同一な符号及び番号を共通使用するものとする。下記説明では、1550nm又は1580nm波長帯域を増幅するための光ファイバー増幅器としてエルビウム添加光ファイバー増幅器を例に挙げて説明してあるが、この他にも多様な光ファイバー増幅器があり得る。さらに、下記説明では、具体的な構成素子等のような特定事項が示してあるが、これは本発明のより明確な理解を求めるために提供されただけで、これに限られることなく本発明を実施できることは、当技術分野で通常の知識を有する者には自明である。また、関連する周知技術については適宜説明を省略するものとする。

【0018】図3は、本発明の第1実施形態による広帯域光ファイバー増幅器の概略的なブロック構成図である。図3を参照すると、本発明の第1実施形態による広帯域光ファイバー増幅器は入力端21に入力される15

50/1580nm波長帯域の光信号を1550nmと1580nm波長帯域とに分離する入力端WDM光カップラー22と、WDM光カップラー22により分離された1550nm波長帯域の光信号を増幅するC-EDFA32と、1580nm波長帯域の光信号を増幅するL-EDFA34と、前記C-EDFA32の光増幅時に発生する逆方向雑音光(backward ASE: Amplified Spontaneous Emission)が前記L-EDFA34に提供されるように光経路を形成する雑音光経路形成部として光サーキュレータ(optical circulator)30を有する。光サーキュレータ30は入力端WDM光カップラー22とC-EDFA32との間で1550nm波長帯域の光信号がC-EDFA32に提供されるようにし、C-EDFA32の光増幅時に発生する逆方向雑音光が前記L-EDFA34に提供されるように光経路を形成する。

【0019】さらに詳細に説明すると、前記入力端WDM光カップラー22から分離された1550nm波長帯域の光信号は前記光サーキュレータ30の1番端子に入力され、2番端子に出力されて、C-EDFA32の入力端に提供される。一方、前記入力端WDM光カップラー22から分離された1580nm波長帯域の光信号は逆方向進行光を遮る第1光アイソレータ36を経てL-EDFA34の入力端に提供される。C-EDFA32とL-EDFA34はそれぞれ提供された波長帯域の光信号を増幅する。C-EDFA32により増幅された1550nm波長帯域の光信号は第2光アイソレータ38を経て出力端WDM光カップラー24に提供される。L-EDFA34により増幅された1580nm波長帯域の光信号は前記光サーキュレータ30の3番端子に入力され、4番端子に出力されて、前記出力端WDM光カップラー24に提供される。その後、前記増幅された1550nmと1580nm波長帯域の光信号を出力端WDM光カップラー24により結合して出力端25に出力する。

【0020】前記C-EDFA32とL-EDFA34はそれぞれ順方向、逆方向又は両方向ポンピング構造を有することができる。即ち、図7(a)に示したように、前記C-EDFA32とL-EDFA34は一つのポンプレーザダイオード(Laser Diode: 以下、LDという)から提供されるポンプ光が波長選択結合器(Wavelength Selective Coupler: 以下、WSCという)により信号光と結合されてEDFの前端に提供される順方向構造を有することができる。

【0021】かつ、前記C-EDFA32とL-EDFA34は図7(b)に示したようにポンプ光をEDFの後端で提供する逆方向ポンピング構造、又は図7(c)に示したようにポンプ光をEDFの前端及び後端で提供する両方向ポンピング構造を有することができ、これらの組合からなる多段階ポンピング構造を有し得る。

【0022】一方、EDFは1550nm波長帯域で高

い放射特性を現し、このような自然放出(spontaneous emission)光はEDF内部で再び増幅され、ポンプ光の損失を増加させて、ポンピング効率を下げる主要因となる。本発明ではこのような雑音光(ASE)を用いてL-EDFA34の増幅効率を高める。即ち、図3に示したような構成において、C-EDFA32で発生して逆方向に進む雑音光は光サーキュレータ30の2番端子に入力され、光サーキュレータ30の3番端子に出力されて、L-EDFA34に逆方向に提供される。

【0023】C-EDFA32で発生して光サーキュレータ30を通してL-EDFA34に提供された逆方向雑音光は補助ポンプ光として作用してL-EDFA34の増幅効率を向上させる。1580nm波長帯域の光信号を増幅するためのL-EDFAの増幅効率を向上させるために、1550nm波長帯域の外部光を入力させる技術が開発してある。韓国特許出願番号第99号には、外部光源を用いて1550nm波長帯域の光(所謂、シードビーム: seed beam)を発生し、前記発生した1550nm波長帯域の光をL-EDFAに提供することによりL-EDFAの増幅効率を向上させる技術が開示されている。このような1550nm波長帯域の外部光の提供時にL-EDFAの増幅効率が向上される技術は、前記第99号に詳細に開示されているため、これに関する説明は省くことにする。本発明ではL-EDFAの増幅効率を向上させる前記のような1550nm波長帯域の光(シードビーム)を得るために、別の外部光源を用いず、図3に示したようにC-EDFAで発生する逆方向雑音光を用いる。

【0024】図4は光フィルターを用いた本発明の第2実施形態による広帯域光ファイバー増幅器の概略的なブロック構成図である。図4を参照すると、本発明の第2実施例による広帯域光ファイバー増幅器において、入力端WDM光カップラー22から分離された1550nm波長帯域の光信号は第1光サーキュレータ40の1番端子に入力され、2番端子に出力されて、C-EDFA42の入力端に提供される。C-EDFA42により増幅された1550nm波長帯域の光信号は第2光アイソレータ48を経て出力端WDM光カップラー24に提供される。前記入力端WDM光カップラー22から分離された1580nm波長帯域の光信号は第1光アイソレータ46を経てL-EDFA44に提供される。L-EDFA44により増幅された1580nm波長帯域の光信号は第2光サーキュレータ41の2番端子に入力され、3番端子に出力されて、前記出力端WDM光カップラー24に提供される。

【0025】前記のような構成において、C-EDFA42で発生した逆方向雑音光は第1光サーキュレータ40の2番端子に入力され、3番端子に出力されて、光フィルター43に入力される。光フィルター43は入力される雑音光をフィルタリングして予め設定された波長帯

域、即ち1550nm波長帯域の特定波長の光信号のみを通過させる。前記光フィルター43により不要な波長成分が取り除かれた雑音光は前記第2光サーキュレータ43の1番端子に入力され、2番端子に出力されて、L-EDFA44に逆方向に提供される。前記提供された逆方向雑音光は補助ポンプ光として作用してL-EDFA44の増幅効率を向上させる。前記光フィルター43はファブリーペロー(Fabry Perot)やマッハツェンダー(Mach Zehnder)等の多様な種類のものから構成できる。

【0026】前記図4に示されたような広帯域光ファイバー増幅器の構成及び動作を見てみると、二つの光サーキュレータ40、41と光フィルター43を雑音光経路形成部として用いて、C-EDFA42で発生した逆方向雑音光のうち特定の波長帯域(1550nm)の光を補助ポンプ光としてL-EDFA44に提供することが分かる。

【0027】図5は反射型光ファイバー格子(fiber grating)フィルターを用いた本発明の第3実施形態による広帯域光ファイバー増幅器の概略的なブロック構成図である。図5を参照すると、本発明の第3実施形態による広帯域光ファイバー増幅器において、入力端WDM光カップラー22により分離された1550nm波長帯域の光信号は光サーキュレータ50の1番端子に入力され、2番端子に出力されて、C-EDFA52の入力端に提供される。C-EDFA52で増幅された光信号は第2光アイソレータ58を経て出力端WDM光カップラー24に提供される。

【0028】C-EDFA52で発生した逆方向雑音光は光サーキュレータ50の2番端子に入力され、3番端子に出力されて、反射型光ファイバー格子フィルター53に入力される。反射型光ファイバー格子フィルター53に入力された雑音光は1550nm波長帯域の光のみが反射されて、前記光サーキュレータ50の3番端子に入力され、4番端子に出力される。光サーキュレータ50の4番端子に出力された1550nm波長帯域の光と前記入力端WDM光カップラー22から分離された1580nm波長帯域の光信号は補助WDM光カップラー51により結合されてL-EDFA54に提供される。L-EDFA54により増幅された1580nm波長帯域の光信号は第1光アイソレータ56を経て前記出力端WDM光カップラー24に提供される。

【0029】前記図5に示された広帯域光ファイバー増幅器の構成及び動作を見てみると、光サーキュレータ50、光フィルター53及び別のWDM光カップラー51を雑音光経路形成部として用いて、C-EDFA52で発生した逆方向雑音光のうち特定の波長帯域(1550nm)の光を補助ポンプ光としてL-EDFA54に提供することが分かる。

【0030】図5に示された広帯域光ファイバー増幅器

では、C-EDFA52で発生して光フィルター53でフィルタリングされた逆方向雑音光がWDM光カップラー51を経てL-EDFA54に順方向に提供されることが分かる。前記構成でWDM光カップラー51を用いず、図4に示されたように別の第2光サーキュレータを用いて前記光フィルター53でフィルタリングされた雑音光をL-EDFA54に逆方向に提供するように構成することも出きる。

【0031】図6は本発明の第4実施形態による二段増幅構造の広帯域光ファイバー増幅器の概略的なブロック構成図である。図6を参照すると、本発明の第4実施形態による広帯域光ファイバー増幅器において、入力端WDM光カップラー22により分離された1550nm波長帯域の光信号は第1光アイソレータ61を経て一段C-EDFA62に提供されて増幅される。一段C-EDFA62で増幅された光信号は光サーキュレータ60の1番端子に入力され、2番端子に出力されて、二段C-EDFA64の入力端に提供される。C-EDFA64で再び増幅された光信号は第2光アイソレータ65を経て出力端WDM光カップラー24に提供される。

【0032】一方、前記入力端WDM光カップラー22から分離された1580nm波長帯域の光信号は第3光アイソレータ63を経て一段L-EDFA66の入力端に提供される。L-EDFA66で増幅された1580nm波長帯域の光信号は前記光サーキュレータ60の3番端子に入力され、4番端子に出力された後、二段L-EDFA68に提供される。二段L-EDFA68で再び増幅された1580nm波長帯域の光信号は第4光アイソレータ67を経て出力端WDM光カップラー24に提供される。

【0033】前記二段C-EDFA64で発生した逆方向雑音光は前記光サーキュレータ60の2番端子に入力され、3番端子に出力されて、前記一段L-EDFA66に逆方向に提供される。

【0034】前記図6に示されたような二段増幅構造の広帯域光ファイバー増幅器の構成及び動作を見てみると、二段C-EDFA64で発生した逆方向雑音光は一段L-EDFA66に提供されて補助ポンプ光として増幅効率を向上させるようになる。

【0035】前記図6に示された構成で、逆方向雑音光の不要な波長帯域を取り除くために、図4及び図5に示されたような光フィルター等の構造を追加することもできる。

【0036】前記のように二段増幅構造の広帯域光ファイバー増幅器を本発明の特徴に従って構成することもできる。かつ、本発明の他の実施例では、前記図3乃至図5に示されたような一段増幅構造の広帯域光ファイバー増幅器を並列でさらに構成することにより、二段、又はそれ以上の多段増幅構造の広帯域光ファイバー増幅器を構成することもできる。

【0037】

【発明の効果】前述の如き、前記図3乃至図6に示したような本発明の特徴による広帯域光ファイバー増幅器を構成することができ、本発明は1550nm波長帯域と1580nm波長帯域の光信号を増幅する広帯域光ファイバー増幅器において、1550nm波長帯域光信号の増幅時に発生する逆方向雑音光を1580nm波長帯域の増幅部に提供して補助ポンプ光として用いるので、別の外部光源を備えなくても簡単な構造により1580nm波長帯域での増幅効率を向上させられる。

【0038】一方、前記本発明の説明では多数の実施例に関して説明したが、本発明の範囲を逸れない限り、色々の変形を行うことができ、その構成素子は多様な具体的詳細構成を有し得る。例えば、前記図3乃至図6に示された広帯域光ファイバー増幅器において、光アイソレータは入力端WDM光カップラー22の前端と出力端WDM光カップラー24の後端に設けられる。

【0039】かつ、前記図3乃至図6に示された広帯域光ファイバー増幅器において、各C-EDFAとL-EDFAが図7(a)、図7(b)及び図7(c)に示されたようなポンピング構造を有し得るのは周知のことであり、その具体的構成は多様である。例えば、EDFAの利得平坦化及び低雑音特性のために、アルミニウムが共に添加されたEDF(Al co-doped EDF)やフッ化物EDF又は多成分EDF等が開発されつつあり、このようなEDFは本発明のEDFAに適用され得る。

【0040】前記本発明の詳細な説明では具体的な実施形態を挙げて説明してきたが、これに限られることなく本発明の範囲内で様々な変形が可能であることは自明である。従って、本発明の範囲は、前記実施形態によって限られてはいけなく、特許請求の範囲とそれに均等なものによって定められるべきである。

【図面の簡単な説明】

【図1】エルビウム添加光ファイバー増幅器において、エルビウムイオンの密度反転率に応じる入力光信号の波長別利得特性図である。

【図2】従来の並列増幅構造の広帯域光ファイバー増幅器の概略的なブロック構成図である。

【図3】本発明の第1実施形態による広帯域光ファイバー増幅器の概略的なブロック構成図である。

【図4】光フィルターを用いた本発明の第2実施形態による広帯域光ファイバー増幅器の概略的なブロック構成図。

【図5】反射型光繊維格子フィルターを用いた本発明の第3実施形態による広帯域光ファイバー増幅器の概略的なブロック構成図である。

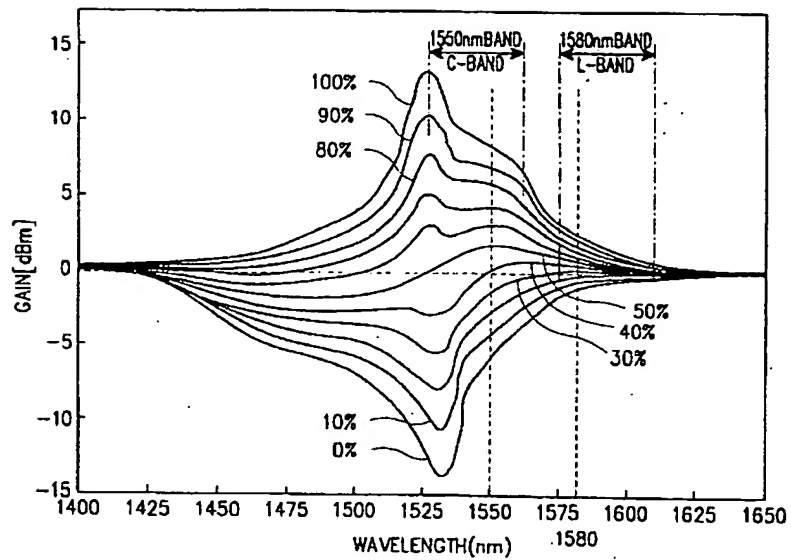
【図6】本発明の第4実施形態による二段増幅構造の広帯域光ファイバー増幅器の概略的なブロック構成図である。

【図7】(a)光ファイバー増幅器のポンピング構造の例示図である。(b)光ファイバー増幅器のポンピング構造の例示図である。(c)光ファイバー増幅器のポンピング構造の例示図である。

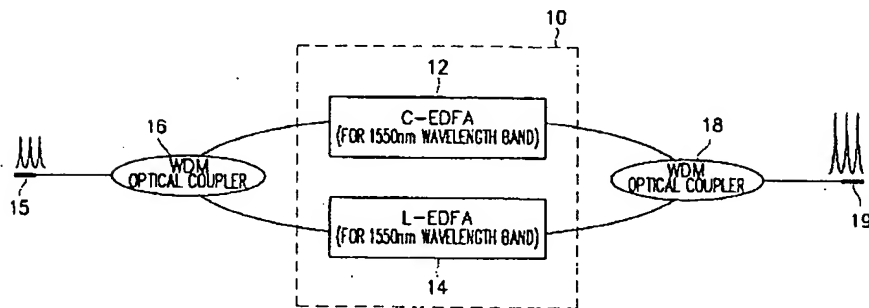
【符号の説明】

- 21 入力端
- 22 入力端WDM光カップラー
- 24 出力端WDM光カップラー
- 25 出力端
- 30 光サーキュレータ
- 32 C-EDFA
- 34 L-EDFA
- 36 第1光アイソレータ
- 38 第2光アイソレータ
- 40 第1光サーキュレータ
- 41 第2光サーキュレータ
- 42 C-EDFA
- 43 光フィルター
- 44 L-EDFA
- 46 第1光アイソレータ
- 48 第2光アイソレータ
- 50 光サーキュレータ
- 51 補助WDM光カップラー
- 52 C-EDFA
- 53 反射型光ファイバー格子フィルター
- 54 L-EDFA
- 56 第1光アイソレータ
- 58 第2光アイソレータ
- 60 第1光サーキュレータ
- 61 第1光アイソレータ
- 62 C-EDFA
- 63 第3光アイソレータ
- 64 C-EDFA
- 65 第2光アイソレータ
- 66 L-EDFA
- 67 第4光アイソレータ
- 68 二段L-EDFA

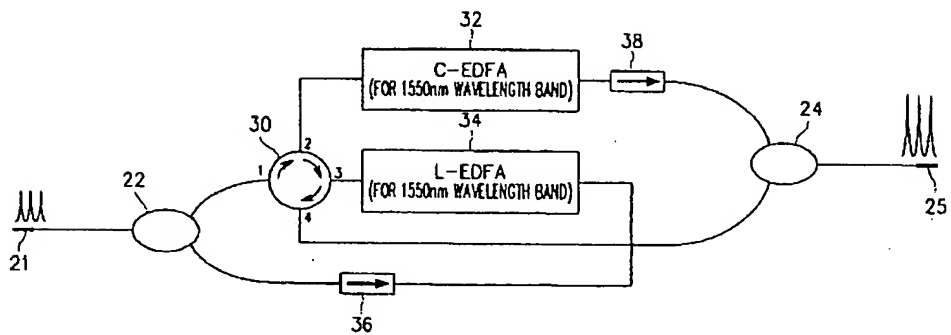
【図 1】



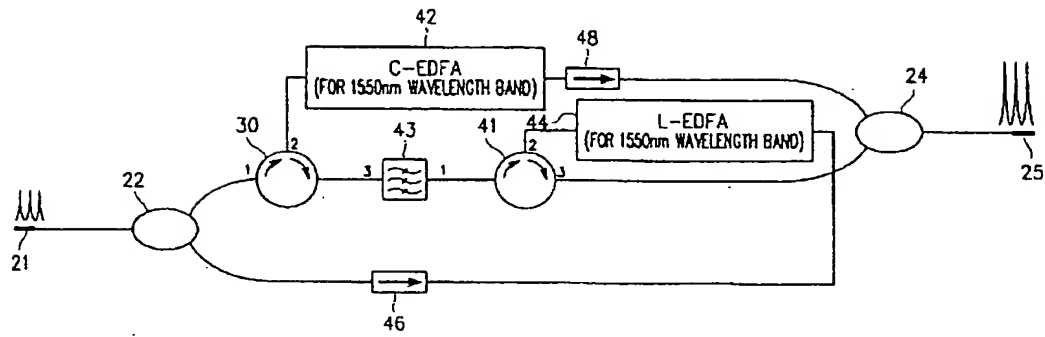
【図 2】



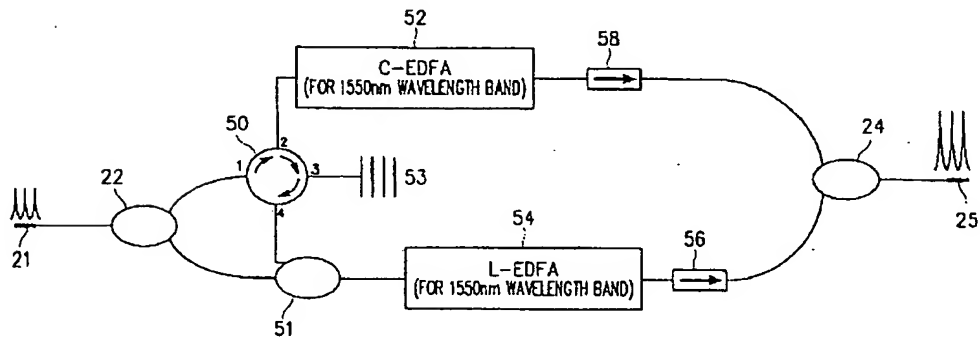
【図 3】



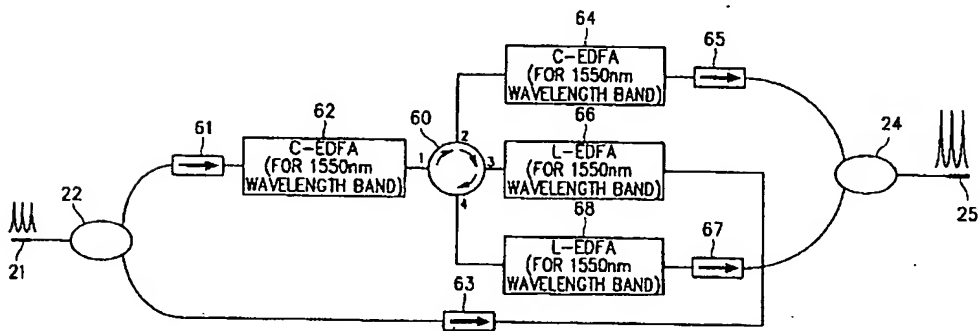
【図 4】



【図 5】

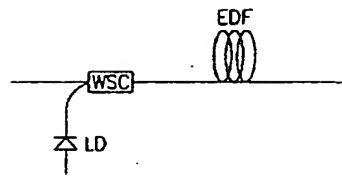


【図 6】

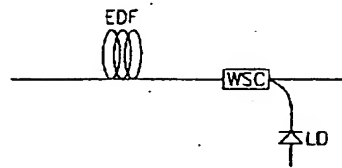


【図 7】

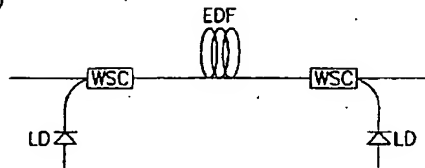
(a)



(b)



(c)



フロントページの続き

(72)発明者 丁 來聲

大韓民国京畿道水原市八達區靈通洞（番地
なし）黄骨セムマウル主公 1 團地133番地
2002號

(72)発明者 金 貞美

大韓民国京畿道龍仁市器興邑古梅理359番
地

(72)発明者 金 性準

大韓民国京畿道平澤市松炭地域獨谷洞468
番地

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.